
**Surveillance et diagnostic de l'état des
machines — Thermographie —**

**Partie 1:
Procédures générales**

Condition monitoring and diagnostics of machines — Thermography —

iTeh STANDARD PREVIEW
Part 1: General procedures
(standards.iteh.ai)

ISO 18434-1:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ce2ca5c-1182-4e84-b49a-24d64678c6f3/iso-18434-1-2008>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18434-1:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ce2ca5c-1182-4e84-b49a-24d64678c6f3/iso-18434-1-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ce2ca5c-1182-4e84-b49a-24d64678c6f3/iso-18434-1-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Méthodes de thermographie	5
5 Thermographie comparative	5
5.1 Types de thermographie comparative	5
5.2 Thermographie comparative quantitative	5
5.3 Thermographie comparative qualitative	6
6 Thermométrie sans contact utilisant des caméras de thermographie infrarouge	6
7 Mesurages de référence	7
8 Sécurité	7
9 Étalonnage	7
10 Collecte des données	7
11 Responsabilités du client	8
12 Mesurages sur le terrain de la température réfléchie et de l'émissivité, et milieux atténuateurs	8
13 Critères d'évaluation des niveaux de température	9
13.1 Établissement des critères d'évaluation des niveaux de température	9
13.2 Critères relatifs à la différence de température	9
13.3 Critères relatifs à la température maximale admissible	10
14 Critères d'évaluation des profils	10
15 Diagnostic et pronostic	10
15.1 Intervalles d'inspection	10
15.2 Interprétation des images	11
15.3 Procédé d'identification des défaillances	11
16 Rapport d'essai	11
17 Qualification du personnel	12
Annexe A (normative) Mesurages sur le terrain de la température apparente réfléchie et de l'émissivité	13
Annexe B (informative) Exemple de règles et de recommandations de sécurité	18
Annexe C (informative) Exemples de cas concrets	19
Bibliographie	25

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 18434-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 5, *Surveillance et diagnostic des machines*.

L'ISO 18434 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Thermographie*:

— *Partie 1: Procédures générales*

Les diagnostics et l'interprétation des images feront l'objet d'une future Partie 2.

Introduction

La présente partie de l'ISO 18434 fournit des recommandations sur l'utilisation de la thermographie infrarouge (TIR) comme partie intégrante d'un programme de surveillance et de diagnostic de l'état des machines. La TIR peut être utilisée pour identifier et documenter les anomalies constatées en vue de surveiller l'état des machines. Ces anomalies ont habituellement pour origine des mécanismes tels que l'exploitation, une lubrification inappropriée, un défaut d'alignement, l'usure des composants ou des excès de chargement mécanique.

La TIR consiste à mesurer la répartition de l'énergie thermique rayonnée (chaleur), émise par la surface d'une cible donnée, et à la convertir en une carte des différences d'intensité des rayonnements ou en *thermogramme* (carte des températures de surface). Le thermographe doit par conséquent comprendre ce que signifient la chaleur, la température et les différents types de transfert de chaleur en préalable essentiel à l'exécution d'un programme TIR. L'énergie thermique est inhérente au fonctionnement de toutes les machines. Elle peut se présenter sous la forme de pertes par frottement ou de pertes d'énergie, en tant que propriété du matériau transformé, être produite par le procédé proprement dit ou résulter de toute combinaison de ce qui précède. La température peut, de ce fait, constituer un paramètre clé permettant de surveiller le fonctionnement et l'état des machines, et de participer au diagnostic des problèmes constatés sur les machines. La TIR représente une technique idéale pour le contrôle de la température, dans la mesure où elle fournit des images thermiques complètes d'une machine ou d'un élément de machine, ne nécessite aucun accessoire physique (procédé non intrusif), requiert une mise en œuvre minimale et donne des résultats très rapidement.

La vitesse de réaction des thermomètres à rayonnement par rapport aux thermomètres à contact constitue un avantage non négligeable. L'énergie mesurée circule entre la cible et le capteur à la vitesse de la lumière. La réponse de l'instrument peut ainsi être exprimée en millisecondes, voire en microsecondes. Un autre avantage de cette technique est la sensibilité avec laquelle les instruments peuvent détecter et afficher une «image» thermique induite par des différences de température très minimes sur la cible.

Bien qu'extrêmement utile, la TIR atteint une certaine limite lorsque les surfaces visées ont une faible émissivité, la difficulté des mesures radiométriques étant alors susceptible d'entraîner des erreurs inacceptables.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18434-1:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ce2ca5c-1182-4e84-b49a-24d64678c6f3/iso-18434-1-2008>

Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Thermographie —

Partie 1: Procédures générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 18434 fournit une introduction à l'application de la thermographie infrarouge (TIR) à la surveillance et au diagnostic de l'état des machines, y compris de leurs accessoires auxiliaires tels que soupapes, composants hydrauliques et électriques, et échangeurs thermiques associés. Elle aborde en outre les applications de l'infrarouge relatives aux performances des machines.

La présente partie de l'ISO 18434:

- présente la terminologie de la TIR, dans la mesure où elle relève de la surveillance et du diagnostic de l'état des machines;
- décrit les types de procédures de TIR et leurs avantages;
- fournit des recommandations quant à l'établissement de critères d'évaluation de la gravité des anomalies identifiées par la TIR;
- décrit dans les grandes lignes les méthodes et les exigences relatives à l'application de la thermographie des machines, y compris les recommandations de sécurité;
- fournit des informations concernant l'interprétation des données, les critères d'évaluation et les exigences relatives aux rapports d'essai;
- fournit des procédures permettant de déterminer et de compenser la température apparente réfléchie, l'émissivité et l'atténuation de certains milieux.

La présente partie de l'ISO 18434 englobe également les modes opératoires d'essai permettant de déterminer et de compenser la température apparente réfléchie, l'émissivité et les milieux atténuateurs lors du mesurage de la température de surface d'une cible au moyen d'une caméra TIR quantitative.

NOTE Il est prévu que d'autres parties de la présente Norme internationale traitent, dans le futur, des recommandations d'analyse propres aux applications.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13372, *Surveillance et diagnostic des machines — Vocabulaire*

ISO 13379, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Lignes directrices générales sur l'interprétation des données et les techniques de diagnostic*

ISO 13381-1, *Surveillance et diagnostic des machines — Pronostic — Partie 1: Lignes directrices générales*

ISO 17359, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Lignes directrices générales*

ISO 18436-7, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Exigences relatives à la qualification et à l'évaluation du personnel — Partie 7: Thermographie*

ASTM E1897, *Standard test methods for measuring and compensating for transmittance of an attenuating medium using infrared imaging radiometers*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13372 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 température apparente
relevé non compensé d'une caméra de thermographie infrarouge contenant tous les rayonnements incidents sur le détecteur, indépendamment de leur source

3.2 milieu atténuateur
hublots, filtres, atmosphères, optiques externes, matériaux ou autres supports qui atténuent le rayonnement infrarouge émis par une source

3.3 corps noir
corps parfait théorique qui émet et absorbe intégralement les rayonnements thermiques à toutes les longueurs d'onde

NOTE Le corps noir est décrit par la loi de Planck.

3.4 émissivité
 ε
rapport de la luminance énergétique (radiance) d'une surface cible à la luminance énergétique (radiance) d'un corps noir à la même température et sur le même intervalle spectral

3.5 caméra de thermographie infrarouge
caméra TIR
appareil qui recueille l'énergie rayonnante infrarouge d'une surface cible et produit une image monochrome (en noir et blanc) ou en couleurs, les nuances de gris ou les palettes colorées dépendant de la distribution des températures apparentes sur la surface considérée

NOTE Ces images sont parfois appelées *thermogrammes infrarouges*.

3.6 traitement de l'image
conversion d'une image en une forme numérique et amélioration de cette dernière en vue de sa préparation pour une analyse informatique ou visuelle

NOTE Dans le cas d'une image infrarouge ou d'un thermogramme, cette opération peut éventuellement inclure une mise à l'échelle de la température, des mesures ponctuelles de la température, des profils thermiques, ainsi que la manipulation, la soustraction et la sauvegarde de l'image.

3.7**infrarouge**
IR

domaine du spectre continu électromagnétique qui s'étend au-delà de la longueur d'onde de la lumière rouge visible, soit de 0,75 μm jusqu'à 1 000 μm

NOTE La plupart des mesures en infrarouge se font toutefois à des longueurs d'onde comprises entre 0,75 μm et 15 μm en raison de la conception des instruments et des caractéristiques de transmission infrarouge de l'atmosphère.

3.8**isotherme**

caractéristique de rehaussement de contraste appliquée à une image, qui marque un intervalle de températures apparentes égales

3.9**thermographie infrarouge****TIR**

méthode d'acquisition et d'analyse des informations thermiques provenant de dispositifs d'imagerie thermique sans contact

3.10**rayonnement thermique**

mode de transfert d'énergie résultant de l'émission et de l'absorption du rayonnement électromagnétique thermique, qui se propage à la vitesse de la lumière

NOTE Contrairement aux transferts par conduction et par convection, le transfert thermique par rayonnement peut se faire dans le vide. Ce type de transfert de chaleur est à la base de la TIR, dans la mesure où l'énergie infrarouge circule entre la cible et le détecteur par rayonnement.

3.11**réflectivité** ρ

rapport entre le flux total d'énergie réfléchi par une surface et le flux total incident reçu par cette même surface

ISO 18434-1:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ce2ca5c-1182-4e84-b49a-2213b0771080/iso-18434-1:2008>

NOTE 1 $\rho = 1 - \varepsilon - \tau$; pour un miroir, cette valeur est proche de 1,0; pour un corps noir, $\rho = 0$.

NOTE 2 Techniquement parlant, la réflectivité est le rapport de l'intensité du rayonnement réfléchi au rayonnement total, tandis que le facteur de réflexion est le rapport du flux réfléchi au flux incident. En TIR, les deux termes sont souvent utilisés indifféremment.

3.12**température apparente réfléchie** T_{refl}

température apparente d'autres objets réfléchis par la cible sur la caméra de thermographie infrarouge

3.13**répétabilité**

(thermographie infrarouge) capacité d'un instrument à répéter avec exactitude un relevé effectué sur une cible fixe sur un intervalle de courte ou de longue durée

NOTE La répétabilité est exprimée en degrés avec une tolérance en plus et en moins ou sous forme de pourcentage de l'échelle.

3.14
traitement du signal

manipulation d'un signal de température ou de données d'image permettant d'améliorer ou de contrôler un procédé

EXEMPLE 1 Pour les thermomètres à rayonnement infrarouge: maintien de la valeur de crête, maintien de la valeur de creux, maintien de la valeur échantillonnée et moyennage.

EXEMPLE 2 Pour les analyseurs-lignes, les caméras et les imageurs: augmentation de contraste par l'isotherme, moyennage d'image, alignement, ainsi que soustraction et filtrage d'image.

3.15
résolution spatiale de mesure

dimension du point de mesure, ramenée à la distance de travail

NOTE Dans le cas d'un thermomètre à rayonnement infrarouge, la résolution est exprimée en milliradians ou sous forme de rapport entre la dimension du point cible (contenant 95 % de l'énergie rayonnante, selon l'usage courant) et la distance de travail. Dans le cas des analyseurs-lignes, des caméras et des imageurs, la résolution est le plus souvent exprimée en milliradians.

3.16
cible

surface de l'objet à mesurer

3.17
thermogramme

carte ou image thermique d'une cible où les teintes de gris ou les palettes colorées représentent la répartition de l'énergie infrarouge rayonnée depuis la surface de la cible

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.18
transmittivité

facteur de transmission

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ce2ca5c-1182-4e84-b49a-24d64678c6f3/iso-18434-1-2008>

τ

proportion d'énergie rayonnante infrarouge reçue par la surface d'un objet dans un intervalle spectral donné et transmise par cet objet

NOTE 1 $\tau = 1 - \varepsilon - \rho$

où

τ est la transmittivité;

ε est l'émissivité;

ρ est la réflectivité.

NOTE 2 Pour un corps noir, $\tau = 0$. La transmittivité est la quantité fractionnée d'un rayonnement incident transmis par le matériau.

3.19
distance de travail

distance entre la cible et l'instrument, généralement par rapport à l'optique primaire

4 Méthodes de thermographie

L'industrie utilise plusieurs méthodes de TIR reconnues. La *thermographie comparative* constitue la plus courante et est généralement utilisée pour fournir les meilleures données disponibles, en lieu et place de mesures thermiques idéales ou absolues. Lorsque les conditions de fonctionnement des machines varient, la capacité à procéder à des estimations de l'émissivité et la capacité à distinguer les différences d'émissivité entre machines fournissent des informations de terrain utiles pour la surveillance et le diagnostic d'état, même si ce ne sont souvent pas les circonstances les plus favorables. Le niveau de confiance dans les informations obtenues dépend du matériel de thermographie infrarouge utilisé, de la formation et de l'expérience du thermographiste, et de la méthode de détection appliquée.

La *thermométrie sans contact*, avec caméras de thermographie infrarouge, est employée lorsqu'il se révèle essentiel de connaître la température réelle d'une cible aussi précisément que possible. Toutefois, cette méthode n'est généralement pas utilisée pour la surveillance et le diagnostic d'état.

La thermographie comparative est généralement utilisée comme partie intégrante d'un procédé de surveillance d'état, lorsque ce type de procédé est mis en œuvre conformément à l'ISO 17359. La TIR peut également être utilisée comme méthode primaire ou secondaire de diagnostic et de pronostic lorsque ces procédés sont exécutés conformément à l'ISO 13379 et à l'ISO 13381-1, respectivement.

5 Thermographie comparative

5.1 Types de thermographie comparative

La thermographie comparative peut être soit *quantitative*, soit *qualitative*. La méthode *quantitative* implique l'extraction d'une valeur de température permettant de qualifier la gravité de l'état d'un composant. Cette valeur est déterminée en comparant la température de la cible à celle d'un équipement similaire fonctionnant sous charge équivalente, ou à des données de référence. Pour les surfaces à forte émissivité, la température, T , et les écarts de température, ΔT , sont habituellement fiables, à condition d'appliquer des méthodes de mesure appropriées. *A contrario*, les valeurs de T et de ΔT des surfaces à faible émissivité ne sont bien souvent pas fiables en raison des variations des caractéristiques des surfaces et de l'environnement. De plus, de nombreuses applications requièrent également d'assigner des valeurs aux motifs thermiques observés pour des besoins d'analyse, d'évaluation de tendance, de désignation de niveaux de gravité et d'attribution de priorités.

Il existe toutefois de nombreuses applications ne requérant aucune donnée quantitative pour surveiller l'état des machines ou pour diagnostiquer un problème et recommander l'action corrective appropriée. Dans ces cas, les méthodes *qualitatives* peuvent se révéler parfaitement adaptées.

5.2 Thermographie comparative quantitative

La méthode thermographique comparative quantitative est d'un usage admis et efficace pour évaluer l'état d'une machine ou d'un composant, sans pour autant déterminer les températures au plus juste. Sur le terrain, il est très difficile de déterminer avec exactitude les températures réelles d'un composant au moyen d'une méthode de TIR. Cela est dû, dans une certaine mesure, à la physique même de la TIR qui impose la connaissance parfaite de multiples paramètres pour effectuer un mesurage de la température absolue réelle. Ces paramètres sont les suivants: émissivité, réflectivité et transmittivité. La plupart du temps, une première évaluation de ces paramètres sur le terrain permet d'obtenir la température d'un composant avec ordre de grandeur suffisant pour déterminer la gravité d'une situation défavorable.

Un exemple de thermographie comparative quantitative est le suivant: si deux machines, ou plus, fonctionnent dans le même environnement et dans les mêmes conditions de charge, et que l'une présente une température élevée, cela est habituellement synonyme d'une détérioration potentielle. La détermination de la différence de température permet alors d'évaluer la gravité de ce dysfonctionnement. Dans l'exemple considéré, une différence de température de 5 °C est considérée comme mineure, tandis qu'une différence de température de 100 °C est, elle, critique. Le fait de connaître la valeur de la température, même approchée, permet également de savoir si le composant est, ou non, au voisinage des limites publiées. Par conséquent,

même si les mesures qualitatives permettent aussi de déceler les anomalies, seules les mesures quantitatives donnent la possibilité d'en déterminer la gravité.

Puisqu'il n'est pas toujours possible de déterminer la température exacte, voire l'émissivité de la surface de chaque machine, l'utilisation de la thermographie comparative en devient une alternative plus pratique. La mesure comparative, contrairement à la mesure qualitative, permet l'identification d'une anomalie thermique à partir de températures obtenues en supposant une valeur d'émissivité cohérente, $\epsilon_{\text{default}}$, pour les surfaces similaires. C'est-à-dire en considérant la surface d'une seule machine ou en moyennage sur des surfaces de machines d'émissivités similaires. La différence de température entre deux surfaces, ou plus, identiques ou similaires, est calculée numériquement. En supposant que les conditions d'environnement et les propriétés des surfaces des deux composants sont similaires, la différence de température pour l'organe donné est consignée comme correspondant à l'excédent par rapport à la température normale de service.

La méthode de mesure comparative suppose une estimation rapide de l'émissivité, de la température apparente réfléchie et de la distance entre éléments. L'émissivité des matériaux employés tient compte de l'expérience.

Il est possible de contrôler l'émissivité des matériaux les plus couramment utilisés dans une installation, de manière à attribuer des valeurs par défaut pouvant être alors utilisées lors des inspections.

Chaque site doit définir sa propre liste de valeurs par défaut dans la mesure où des composants similaires, mais sur des installations différentes, peuvent avoir des environnements différents (tels que la propreté) et où les équipements peuvent également présenter des états de surface différents. Ces conditions variables entraînent des valeurs d'émissivité différentes. Une fois estimées les émissivités, les distances et les températures apparentes réfléchies, ces valeurs sont alors entrées dans la caméra TIR, laquelle donne en retour une valeur de température pour chaque composant. Ce type de mesure se révèle efficace lors de l'inspection de nombreux composants. La méthode est rapide et fournit des informations utiles pour la détermination de la gravité de l'état d'un composant.

5.3 Thermographie comparative qualitative ISO 18434-1:2008

La méthode comparative qualitative consiste à comparer le motif ou le profil thermique d'un composant à celui d'un composant identique ou similaire, travaillant dans des conditions de fonctionnement identiques ou similaires. La découverte de variations d'intensité entre les motifs ou profils thermiques de deux objets similaires ou plus conduit à identifier les anomalies possibles, mais sans leur attribuer de valeurs de température. Cette méthode, rapide et facile à mettre en œuvre, ne demande aucun réglage de l'instrument infrarouge pour compenser les conditions atmosphériques ou d'environnement, et les émissivités. Bien que le résultat de ce type de mesurage permette l'identification d'une anomalie, aucun niveau de gravité ne peut en être déduit.

La plupart des industries utilisent cette méthode de thermographie infrarouge. Elle se révèle très efficace pour la localisation en routine des surchauffes de paliers ou d'autres composants mécaniques, des points chauds sur les connexions électriques, des fuites et colmatages sur des échangeurs de chaleur et leurs éléments (tubes), ainsi que des fuites de fluide sur des cuves, tuyaux et soupapes sous pression.

6 Thermométrie sans contact utilisant des caméras de thermographie infrarouge

La détermination de la température corrigée d'une cible à l'aide de la TIR peut se révéler difficile en raison des nombreux facteurs techniques et d'environnement impliqués. Des mesurages TIR absolus ne sont ainsi effectués que si la connaissance très précise des valeurs de température, ou de faibles différences de température, est critique pour un procédé. Ces déterminations sont généralement effectuées uniquement dans des conditions de maîtrise parfaite. Ce type de mesurages à l'aide de caméras TIR ne sont, en règle générale, pas utilisés pour la surveillance d'état des machines.